

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Návrh geometrie břitu VBD pro dokončovací soustružení

Draft Geometry Inserts for Finish Turning

Student:

Kamil Wolf

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba , CSc.

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student: **Kamil Wolf**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh geometrie břitu VBD pro dokončovací soustružení**
Draft Geometry Inserts for Finish Turning

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Trvanlivost řezného nástroje a její ovlivňování.
3. Výběr VBD a návrh metodiky testování.
4. Diskuse experimentů.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [4] MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje: I. díl, Řezné nástroje*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava. 2006. ISBN 80-7078-941-7.
- [5] HUMÁR, A.; PÍŠKA, M. *Moderní řezné nástroje a nástrojové materiály*. MM Průmyslové spektrum, Speciální vydání, 2004, 110 s. ISSN 1212-2572.

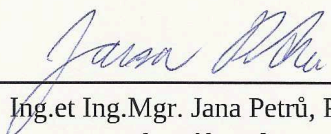
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

16.5.2014

Kamil Věšál

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 16.5.2014

Hamid Wolf

Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Kamil Wolf

Adresa trvalého pobytu autora práce: Petrovská 181, Víkýřovice, 78813

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

WOLF, K. Návrh geometrie břitu VBD pro dokončovací soustružení: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 2014. s. 41. Vedoucí práce doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Bakalářská práce zkoumá zaoblení řezné hrany u vyměnitelných břitových destiček (VBD). Zadavatelem téma této práce je společnost Pramet Tools s.r.o. V práci je uvedena teorie opotřebení břitu. Na tu navazuje návržení řezné hrany. Čtyři navržené VBD jsou následně testovány na trvanlivost ve zkušebně Pramet Tools s.r.o. Z výsledků zkoušek vyplývá následný vliv návrhu řezné hrany na trvanlivost.

Klíčová slova

Zaoblení řezné hrany, návrh řezné hrany, trvanlivost nástroje, zkouška trvanlivosti

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

WOLF, K. *Draft Geometry Inserts for Finish Turning: Bachelor Thesis*. Ostrava: Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, 2014. p. 41. Thesis head: doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Bachelor thesis is focused on the curvature of the cutting edges of the inserts (VBD). The contracting authority of the project is Pramet Tools s. r. o.. This work presents the theory of the tool wear. The theory is followed by proposals of the design of the cutting edge. Subsequently, four proposed inserts are then tested for durability in service Pramet Tools s. r. o.. Test results demonstrate the effect of the cutting edge on the durability.

Key words

Rounding of the cutting edge, proposal cutting edge, tool life, durability test.

Obsah

Obsah	6
Seznam použitých zkratk a symbolů	7
Úvod.....	8
1 Obecná charakteristika daného problému	9
1.1 Soustružení	9
1.2 Řezné pohyby při soustružení	9
1.3 Řezné podmínky	10
1.4 Tvary VBD (výměnných břitových destiček).....	11
1.5 Popis výroby VBD.	13
1.6 Zaoblování (rektifikace) řezné hrany.....	15
1.7 Slinuté karbidy.....	15
2 Trvanlivost řezného nástroje a její ovlivňování.....	17
2.1 Základní rozdělení opotřebení.	17
2.2 Druhy opotřebení VBD při soustružení.	18
2.3 Nežádoucí jevy při soustružení.	22
2.4 Vliv řezných podmínek na trvanlivost	24
3 Výběr VBD a návrh metodiky testování.	25
3.1 Navržení VBD.....	25
3.2 Vyrobené destičky.....	27
3.3 Testování destičky.....	28
4 Diskuse experimentů.....	31
4.1 Zkouška na Oceli ČSN 40 2050 (12050).....	31
4.2 Zkouška na Oceli 17349,4 (X2CrNiMo17-12-2).	35
5 Technicko-ekonomické zhodnocení.....	39
Poděkování	40
Zdroje.....	41

Seznam použitých zkratek a symbolů

Zkratka/symbol	Jednotka	Popis
VBD	[-]	Výměnná břitová destička
v_c	$[m \cdot min^{-1}]$	Řezná rychlost
n	[ot/min]	Otáčky
v_f	$[mm \cdot min^{-1}]$	Rychlost posuvu
a_p	[mm]	Hloubka řezu
T	[min]	Trvanlivost
Ra	$[\mu m]$	Střední aritmetická úchylka profilu
VBb	$[\mu m]$	Kritérium opotřebení hlavního hřbetu
VBc	$[\mu m]$	Kritérium opotřebení špičky
K	[%]	Řezivost
CVD	[-]	Chemicky nanášený povlak
PVD	[-]	Fyzikálně nanášený povlak
VB	[mm]	Opotřebení hřbetu
HB	[-]	Brinellova tvrdost
K_r	[°]	nástrojový úhel

Úvod

Strojní výroba neustále klade vyšší nároky na průběh obrábění. Nutí vývojáře neustále zdokonalovat stroje a nástroje. Ti se snaží vyhovět poptávce na trhu, která žádá nástroje s co nejvyšší životností, aby mohly pracovat za co nejvyšších řezných parametrů, aby kvalita obrobeného povrchu byla co nejlepší a zároveň žádá obrábění ekonomicky výhodné. Jako nejvhodnější se osvědčily výměnné břitové destičky. Z těchto důvodů se v posledních letech klade důraz na vývoj právě jich.

Vývoj VBD se zaměřuje na tři hlavní části. Jedná se o materiál na výrobu (povlaky velikost zrn a složení podkladového materiálu), geometrii (tvary utvařečů třísek) nebo technologie výroby (zaoblování ostří, broušení).

Díky všem novým poznatkům mohou výměnné břitové destičky neustále zvyšovat svoji výkonnost a tím i efektivitu strojní výroby.

Svoji bakalářskou práci jsem zpracovával za asistence odborníků z vývojového centra Pramet Tools.

O společnosti Pramet Tools

Pramet Tool je strojírenská firma, která se zabývá vývojem, výrobou a prodejem obráběcích nástrojů ze slinutého karbidu. Veškeré jejich nabízené produkty jsou vyráběny v České republice. O distribuci do jiných zemí se stará síť vlastních poboček a také síť smluvních partnerů. V posledních letech se vývoz pohybuje nad 60% obratu firmy. A to do více než 50 zemí světa.

Centrála Pramet se nachází v Šumperku kde již více jak 60 let probíhá výroba slinutého karbidu. Zároveň se zde nachází rovněž samotný závod a vněm oddělení výzkumu, vývoje, výroby, logistiky a marketingu. Firma nabízí produkty z oblasti všeobecného obrábění. Vyznačuje se nástroji nenovější generace a průběžně uvádí moderní výkonné materiály a povlaky.

Cílem firmy je dosáhnout obslužnosti 1% trhu, což by znamenalo zařadit se mezi 20 největších světových firem. ^[6]

1 Obecná charakteristika daného problému

1.1 Soustružení

Soustružení je klasická metoda třískového obrábění, pomocí kterého se vyrábí převážně součástky rotačních tvarů. U tohoto procesu se využívají zejména jednobřité nástroje (různé provedení soustružnických nožů). Je také nejrozšířenějším způsobem obrábění. Na klasických soustruzích se provádí 30 až 40 % celkového strojního obrábění. Na soustruzích s ručním či automatickým ovládáním se obrábí polotovary různých hmotností od několika miligramů, až po polotovary které dosahují několika tun.

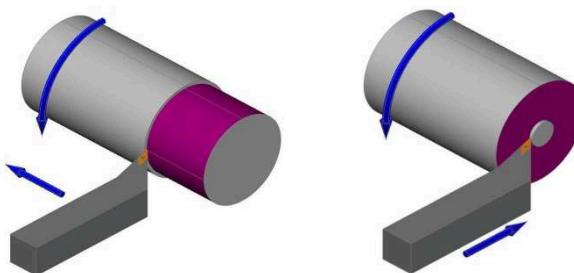
Při soustružení dochází k odebírání přebytečné vrstvy (přidavku na obrábění) řeznou částí nástroje s definovatelnou geometrií. Odebíraná vrstva se mění v třísku, která odchází od obrobku. Abychom dosáhli oddělení třísky od obrobku, musíme splnit dvě hlavní podmínky. První je že činná část nástroje musí mít klínový břit. A druhá tento břit musí být z podstatně tvrdšího materiálu než materiál obráběný. Obrobek získává postupně požadovaný tvar, rozměr, drsnost povrchu i některé mechanické vlastnosti. Při obrábění je důležité stanovit a dodržovat určité řezné podmínky. ^[2]

1.2 Řezné pohyby při soustružení

Hlavní řezný pohyb (v_c) - vykonává jej obrobek. Z povrchu rotujícího obrobku se pomocí řezného nástroje odřezává tříska.

Vedlejší pohyb (v_f) - je pohyb posuvový, převážně je tento pohyb přímočarý. Vykonává jej nástroj za účelem postupného odřezávání třísky požadovaného průřezu.

Výsledný řezný pohyb (v_e) - můžeme je rozdělit na dva různé výsledné pohyby. Jestliže se nůž posouvá po směru osy rotace obrobku, hovoříme o podélném soustružení. Výsledný tvar pohybu řezu je šroubovice. Je-li však posuv ve směru kolmém k ose rotace, jedná se o příčné (čelní) soustružení (upichování, zapichování ...). Tento řezný pohyb má následně tvar Archimédovy spirály. ^[3]



Obr. 1.1 Podélné a příčné soustružení ^[3]

1.3 Řezné podmínky

Volba řezných podmínek je závislá na vlastnostech stroje, nástroje, obrobku i prostředí (materiál řezného nástroje a obráběného materiálu, chlazení a pod...). Rovněž závisí na požadovaných vlastnostech obrobku jako je (drsnot obrobene plochy obrobku, přesnost rozměrů, ovlivnění povrchové vrstvy obrobene plochy).

Řezná rychlost jedná se o rychlost hlavního řezného pohybu. Definujeme ji jako rychlost obvodovou, která se měří na obrobene ploše. Pro různé materiály nástrojů a obrobků se využívá různých řezných rychlostí. Většinou se využívá rozsahu od 5 m.min⁻¹ do 1000 m.min⁻¹. Obvodovou řeznou rychlost při soustružení lze určit ze vzorce:

$$v_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \quad [\text{m.min}^{-1}] \quad (1.1)$$

D- průměr obráběné plochy [mm]

n- počet otáček vřetene [min⁻¹]

Posuv totéž dráha, kterou vykoná nástroj za jednu otáčku vřetene. Při hrubování se jeho hodnota pohybuje 0,4 až 3,5mm. Dokončovací operace mívají posuv 0,06 až 0,3mm a při jemném soustružení 0,03 až 0,05mm. Při soustružení lze pozorovat posun během jedné otáčky, proto lze stanovit rychlost posuvu v_f v závislosti na otáčkách obrobku z toho vzorce:

$$v_f = f \times n \quad [\text{mm.min}^{-1}] \quad (1.2)$$

f- posuv na otáčku [mm]

n- počet otáček vřetene [min⁻¹]

Tloušťka obráběné vrstvy tato hodnota se při soustružení pohybuje od 0,1 mm až do několika mm. Na velikost a tvar třísky mají vliv: velikost posuvu, hloubka řezu, úhel nastavení. Rozměr průřezu třísky pro základní druhy soustružení lze vypočítat ze vztahu pomocí obrázku 1.2. ^[3]

$$\text{Pro podélné soustružení } a_p = 0,5 \times (D - d) \quad [\text{mm}] \quad (1.3)$$

D- průměr obráběné plochy [mm]

d- průměr obrobene plochy [mm]

$$\text{Pro čelní soustružení } a_p = L - l \quad [\text{mm}] \quad (1.4)$$

L- délka obráběné plochy [mm]

l- délka obrobene plochy [mm]

Jmenovitá šířka třísky b_D a jmenovitá tloušťka třísky h_D se vypočítají ze vztahů:

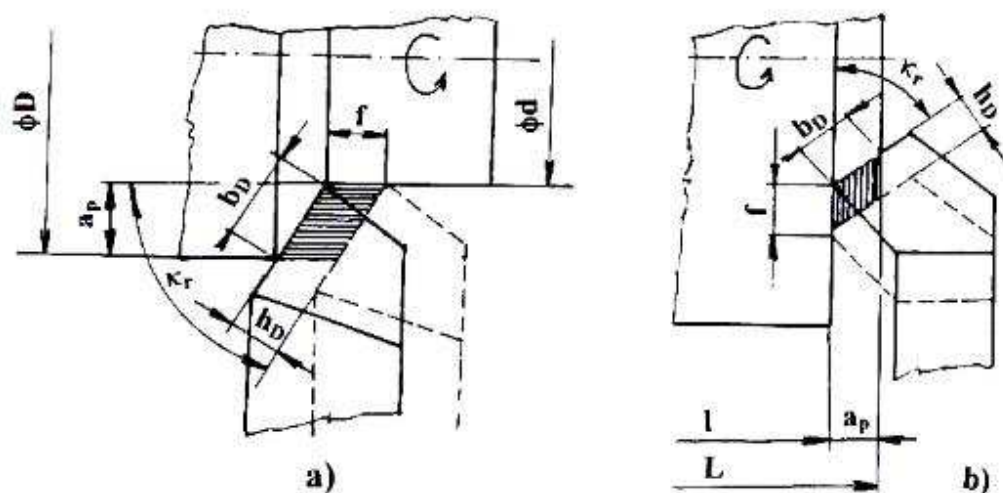
$$b_D = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \quad [\text{mm}] \quad (1.5)$$

κ_r - nástrojový úhel nastavení hlavního ostří

$$h_D = f \times \sin \kappa_r \quad [\text{mm}] \quad (1.6)$$

Jmenovitý průřez třísky A_D se stanoví ze vztahu:

$$A_D = b_D \times h_D = a_p \times f \quad [\text{mm}^2] \quad (1.7)$$



Obr. 1.2 Identifikace průřezu třísky při soustružení a) válcová plocha, b) čelní plocha ^[3]

1.4 Tvary VBD (výměnných břitových destiček)

Výměnné břitové destičky se vyrábí různých tvarů, velikostí a maximálních přípustných délek v záběru. Jejich tvary následně charakterizují přístupnost k opěrnému hrotu, aplikační rozsah při proměnném úhlu nastavení, odolnost proti plastické deformaci. Vybrané tvary jsou vyobrazeny na Obr 1.3. ^[5]

1.5 Popis výroby VBD.

Jelikož se zabýváme VBD ze slinutých karbidů tak popíši výrobu právě těchto destiček.

Slinutý karbid je vícesložková sestava. První řeznou složkou jsou karbidy wolframu (titanu, tantalu, niobu, chromu), které jsou spojeny pojivou složkou. Pojivá fáze je kovová převážně se jedná o kobalt, který je v některých případech nahrazen niklem. Suroviny přesně nadávkují (naváží). A takto vzniklá směs se homogenizuje pomocí míchání. Směs se míchá v atritoru nebo v kulovém mlýnu. Náplň tvoří nejen samotné směsi ale i kuličky ze slinutého karbidu. Jako výsledek homogenizace je obdržena kašovitá směs karbidické a pojivé fáze spolu s mlecím médiem, které se musí odstranit.

Proto následuje sušení. Kašovitá hmota je napuštěna do nádoby, kde je neustále promíchávána, aby nedocházelo k sedimentaci a současně vstřikována do sušicí věže, v kterých je separováno mlecí médium pomocí ohřátých inertních plynů. Tvrdokovový prach je unášen proudem plynů a zachytáván do speciálních zásobníků. Tento prach je finální vstupní surovinou pro výrobu výměnné břitové destičky.

Další částí výrobního cyklu je lisování. Při této operaci je přesně odměřené množství vstupní suroviny nasypáno do pracovního prostoru lisovacího stroje, který je tvořen maticí, horním a spodním razníkem. Následně je směs slisována protiběžným pohybem razníků. Následně spodní razník vysune polotovar destičky, který je odebrán manipulátorem. Tento polotovar však neodpovídá požadovanými rozměry ani mechanickými vlastnostmi finálního produktu.

Následuje slinování, jedná se o jednu z nejkritičtějších operací. Dochází při ní ke změně pórovitého výlisku na kompaktní výrobek. Tento proces probíhá v ochranné atmosféře (vakuu) za vysokých teplot, řádově až 1650° C a trvá několik hodin. Při tomto procesu dochází ke zhutnění materiálu zejména díky rekrytalizaci karbidických zrn přes tekutý kobalt. Po této operaci již je k dispozici polotovar, který svými mechanickými vlastnostmi odpovídá finálnímu produktu. Proto nyní mohou následovat takzvané finální operace jako broušení, zaoblení řezné hrany a případné leštění.

Výměnné břitové destičky se brousí na různých plochách.

Broušení dosedacích ploch

Broušení obvodových (hřbetních ploch)

Broušení obvodových fasetek

Profilové broušení břitu

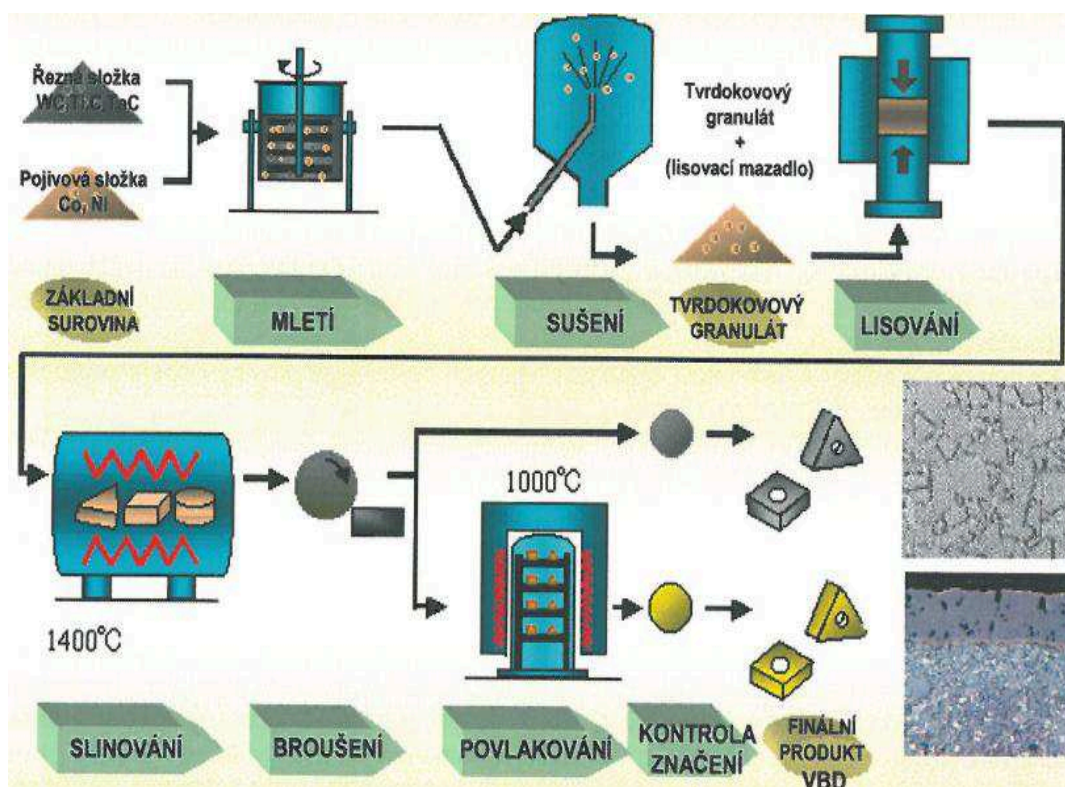
Vybrušování speciálních utvařečů

Leštění čelní plochy – se provádí u destiček, které se využívají k obrábění hliníku a jeho slitin.

Rektifikace (zaoblení břitu) – Tato operace se provádí dvěma způsoby, první z nich je kartáčování řezné hrany, kdy je řezná hrana zaoblena rotačními kartáči, které obsahují jemné brusné segmenty. Druhý způsob je pískování, tj. operace při nichž je řezná hrana za přesně definovaných podmínek bombardována brusnými segmenty unášenými médiem.

V případě že se jedná o nepovlakovanou destičku je v této fázi výrobní proces ukončen. A však u drtivé většiny VBD následuje ještě operace povlakování (nanášení na již hotovou destičku ochranná vrstva). Nanášení povlků se dá provádět různými technologiemi, zde se zaměříme na dvě nejrozšířenější chemické CVD (Chemical vapour deposition) a fyzikální PVD (Physical vapour deposition).

Tím je proces výroby samostatných břitových destiček ukončen. Následuje operace značení a balení. ^[5]



Obr. 1.4 Schematický průřez výrobou VBD

1.6 Zaoblování (rektifikace) řezné hrany.

Samotné zaoblování řezné hrany má zásadní vliv na trvanlivost a životnost VBD. Z důvodu velkého významu bychom tedy měli provádět rektifikaci s nejvyšší pečlivostí. Velikost zaoblení, které je předepsané na výrobním postupu, nám oznamuje stav kdy má destička nejvyšší životnost a nejlepší řezné vlastnosti. Proto bychom měli zaoblení dodržet a stroje nastavit vždy na střed tolerance.

Drsnost řezné hrany destičky, která se zaoblovala na sinjetu je mnohem lepší než na destičce, která by šla přes ABS. Po ABS zůstávají na řezné hraně „mikro“ kráterky, kdežto po sinjetu je řezná hrana doslova vyleštěná. Z toho vyplývá že nelze tyto dvě technologie vzájemně zaměňovat. Mezi další výhody sinjetu patří možnost výroby většího zaoblení a jeho vyšší rychlost. Nevýhody tohoto stroje spočívají vtom, že na sinjetu mohou být zaoblovány pouze destičky s celou řeznou hranou na jedné úrovni. Jelikož, pokud se řezná hrana svažuje, více bude zaoblená ta část řezné hrany, která je výše. Při rektifikaci na sinjetu mohou nastat problémy s tvarem rádiusu. Kde zaoblení na špičce je větší než na řezné hraně. Tomu se dá sice u některých destiček předejít, ale není tomu tak vždycky.

Vyvarovat se rozdílu zaoblení nám pomáhá správné nastavení polohy kartáče v ose X. Čím více se umístí kartáč do plusu, tím větší zaoblení získáme na špičce. A naopak čím blíže k nule, nebo do konce k mínusu tím menší zaoblení ve špičce. Na tvar rádiusu má také vliv přítlak. Větší přítlak vytvoří smetení ze hřbetu a naopak menší přítlak smetení z čela.

U sinjetu se využívají k zaoblení hrany kartáče. Ty se volí dle hrubosti. Pro větší zaoblení se volí kartáč hrubší a pro menší zaoblení zase jemnější. Značení kartáčů nám udává velikost zrna obsaženého v nilonovém vlákně. Čím je číslo větší tím je kartáč jemnější. Dalším parametrem hrubosti kartáče je tvrdost vlákna. Ta je většinou dána tvarem vlákna, obdélníková vlákna jsou mnohem tvrdší než vlákna kruhová.

1.7 Slinuté karbidy.

Základními vlastnostmi SK jsou: vysoká tvrdost 88 až 93 HRA a ve vyšších teplotách 700 – 1000 °C odolnost proti opotřebení. K dalším fyzikálně-mechanickým vlastnostem patří: odolnost vůči korozi, špatná elektrická a tepelná vodivost, vysoká pevnost v tlaku. Jejich vlastnosti umožňují obrábět materiály, které nebylo možné dřívějšími nástroji obrábět. Mezi nově obrobitelné materiály patří kalená ocel, bílou litinu a další velmi tvrdé materiály. Mezi největší výhody SK se řadí možnost 5 až 8 násobné

zvýšení řezných rychlostí oproti rychlořezným ocelím. Jejich nedostatkem je velká křehkost a malá ohybová pevnost.

Tab. 1.7 Skupiny materiálů SK dle ISO ^{[7] [5]}

Označení ISO Skupina	Obráběný materiál	Složení	Popis
P	Uhlíkové (nelegované) oceli třídy 10, 11, 12, legované oceli třídy 13, 14, 15, 16, nástrojové oceli uhlíkové (191..., 192..., 193...) nástrojové legované oceli (193... až 198...) uhlíková ocelolitina skupiny 26, nízko a středně legované ocelolitiny skupiny 27, feritické a martenzitické korozivzdorné oceli třídy 17.	WC+ TiC+ Co	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, které dávají dlouhou plastickou třísku.
M	Austenitické a feriticko austenitické oceli korozivzdorné, žáruvzdorné a žárovevné oceli nemagnetické a otěruvzdorné	WC+ TiC+ TaC. NbC+ Co	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, které dávají dlouhou i krátkou třísku.
K	Šedá litina nelegovaná i legovaná, tvárná litina, temperovaná litina	WC+ Co	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, které dávají krátkou – křehkou třísku.
N	Neželezné kovy, slitiny Al a Cu		
S	Speciální žárovevné slitiny na bázi Ni, Co, Fe a Ti		Použití při dokončovacím obrábění za tepelně nepříznivých prac. podmínek.
H	Zušlechtilé oceli s pevností nad 1500 Mpa, kalené oceli HRC 48 ÷60, tvrzené kokilové litiny HSh 55 ÷85		Vhodné pro přerušované i nepřerušované řezy.

2 Trvanlivost řezného nástroje a její ovlivňování.

2.1 Základní rozdělení opotřebení. ^[2]

Při obrábění vzniká velké množství tepla, které se vyvíjí na ploše čela a hřbetu nástroje. Tepelné zatížení značně namáhá materiál břitu nástroje. Při procesu utváření třísky, který provází vysoké tlaky a teploty se vytváří čistý kovový povrch. V závislosti k němu má materiál sklon k chemickým reakcím. Většina obráběného materiálu obsahuje tvrdé částice, které mohou dosahovat tvrdosti materiálu břitu nástroje. Dochází tak k abrazivnímu efektu. V důsledku působení všech mechanických, tepelných, chemických faktorů dochází k zatěžování břitu nástroje. Tento proces se následně projevuje opotřebováváním nástroje.

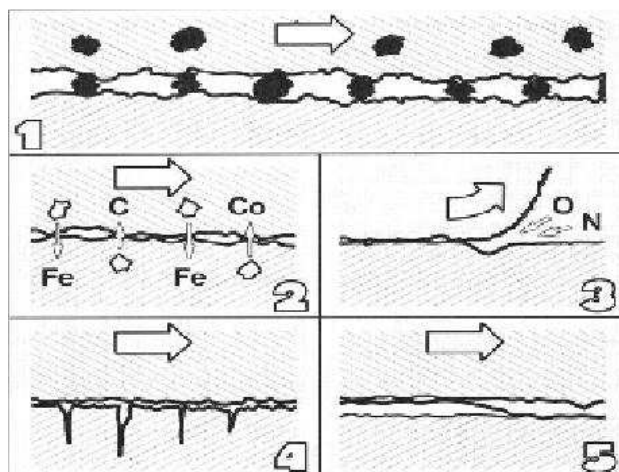
Abraze – brusný ořev vlivem tvrdých mikročástic obráběného materiálu

Adheze – vznikají a následně se porušují mikrosvary na stýkajících se vrcholcích nerovností čela a třísky

Difúze – přesun atomů z nástrojového materiálu do obráběného a naopak, z čehož vyplývají nežádoucí chemické sloučeniny

Oxidace – vznikají chemické sloučeniny na povrchu nástroje za přítomnosti kyslíku

Křehký lom – následek přílišného mechanického zatížení

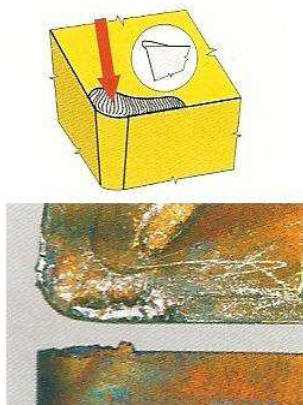
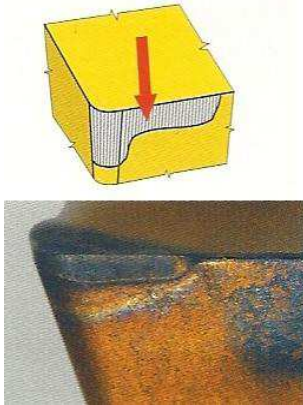


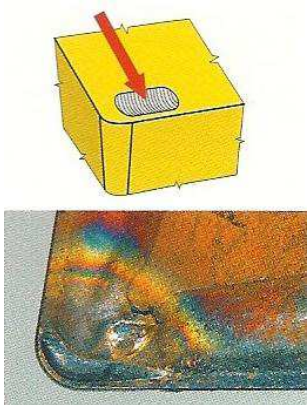
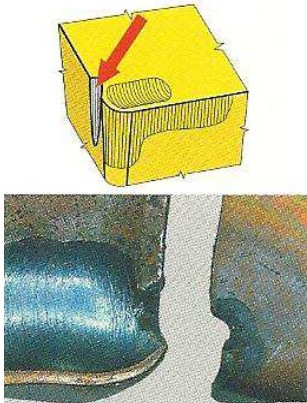
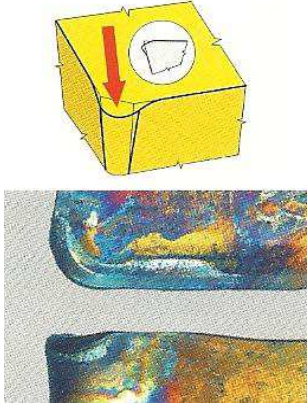
Obr. 2.1 Hlavní mechanismy opotřebení břitů nástrojů 1)Abrazivní opotřebení, 2)Difusní opotřebení, 3)oxidační opotřebení, 4)Statický či dynamický lom, 5)Adhezní opotřebení ^[1]

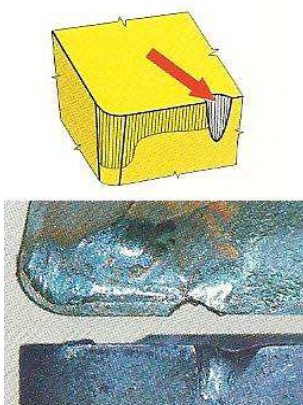
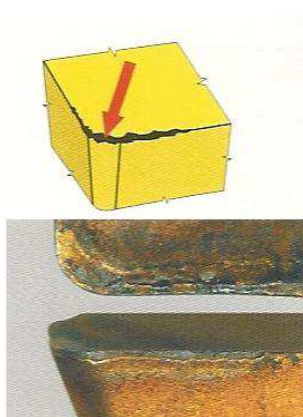
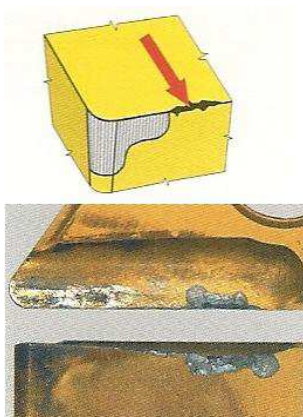
2.2 Druhy opotřebení VBD při soustružení.

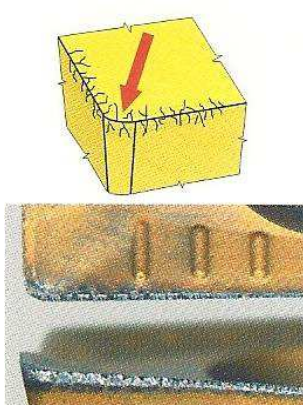
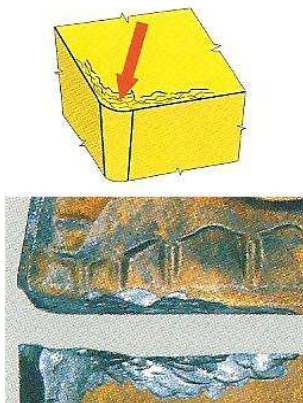
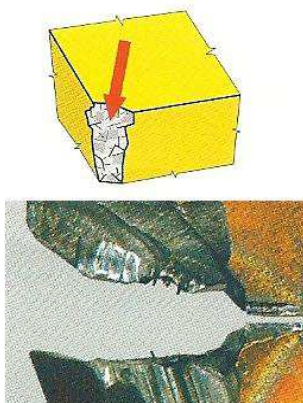
Pohled na břit při zvětšení, nám pomáhá k posouzení, jaká opotřebení jsou na něm viditelná. Díky tomu můžeme kontrolovat vhodnou trvanlivost, její spolehlivost i možnost její prodloužení. Pro každou destičku existuje optimální průběh opotřebení. Důležité předpoklady pro optimální průběh opotřebení jsou: řezné podmínky, jakost obrobku, kvalifikovaná odborná pomoc a vlastní zkušenost. V tabulce 2.2 jsou uvedeny jednotlivé druhy opotřebení.

Tab. 2.2 Druhy opotřebení VBD při soustružení ^{[5] [1]}

Tvorba nárůstků	
<p>Popis: jedná se o nelepování obráběného materiálu na břit nástroje. Vlivem teplot má nárůstek charakter návaru. Při jeho odtrhávání může dojít ke křehkému porušení břitu</p>	
<p>Opatření: zvolit jiné řezné podmínky (vyšší), použít jinou řeznou geometrii, využít chladicí emulze s protinárůstkovým účinkem</p>	
Opotřebení hřbetu	
<p>Popis: jedno z hlavních kritérií charakterizujících trvanlivost VBD. Projevuje se v důsledku styku nástroje a obráběného materiálu při řezném procesu. Tomuto opotřebení nelze zcela předejít.</p>	
<p>Opatření: využít otěruvzdornější typ slinutého karbidu nebo upravit řezné podmínky</p>	

Výmol na čele	
<p>Popis: výmol vzniká z části úběrem řezného materiálu nástroje broušením a také difuzí v místě břitu s nejvyšší teplotou, tzn. místo kontaktu třísky a materiálu břitu.</p>	
<p>Opatření: použití otěruvzdornějšího typu slinutého karbidu, snížit řeznou rychlost, využít pozitivnější typ řezné geometrie.</p>	
Oxidační rýha na vedlejším břitu	
<p>Popis: řadí se mezi nejvýznamnější kritéria limitující životnost VBD. Vzniká převážně u soustružení. Při spojení oxidační rýhy s výmolem na čele se zhorší drsnost povrchu obrobku.</p>	
<p>Opatření: použít chladicí emulzi, snížit řeznou rychlost, použít VBD s povlakem Al_2O_3</p>	
Plastická deformace špičky	
<p>Popis: vzniká vlivem vysokých řezných teplot a řezných tlaků. Vyboulení břitu zvyšuje ještě více teploty a má za následek změnu geometrie břitu a změnu odchodu třísky.</p>	
<p>Opatření: použít otěruvzdornější typ slinutého karbidu ,snížit řeznou rychlost, snížit posuv.</p>	

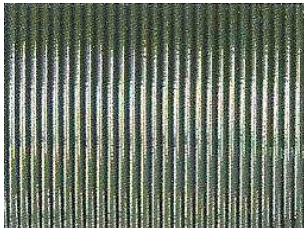
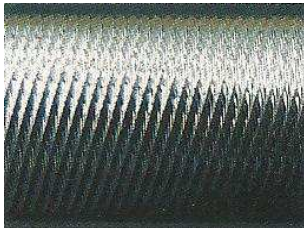
Vrubové opotřebení na hlavním břitu	
<p>Popis: vzniká v místě styku povrchu obrobku s břitem nástroje. Příčinou tohoto opotřebení jsou zpevněné povrchové vrstvy obrobku a otřepty. Výskyt zejména u nerezavějících austenitických ocelí.</p>	
<p>Opatření: zvolit nástroj s menším uhlem nastavení, nerovnoměrně rozdělit třísku, použít VBD s povlakem Al_2O_3</p>	
Křehké porušování řezné hrany	
<p>Popis: jinde označováno jako mikrovyštipování, je samostatně těžko identifikovatelné. Ve většině případů se vyskytuje v kombinaci s jiným typem opotřebení.</p>	
<p>Opatření: použít houževnatější typ slinutého karbidu, při najíždění do záběru snížit posuv, využít jiné řezné geometrie</p>	
Porušování řezné hrany mimo záběr	
<p>Popis: vzniká při nevhodném utváření třísky, která při svém odchodu naráží na břit a ten se mechanicky poškozuje.</p>	
<p>Opatření: použít houževnatější typ slinutého karbidu, použít jiný utvařecí třísky, zvolit nástroj s jiným úhlem nastavení, změnit posuv</p>	


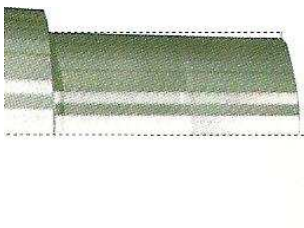
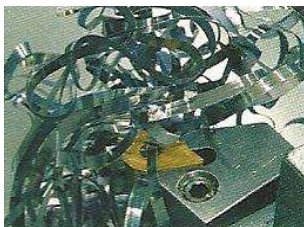
Hřebenové trhliny	
<p>Popis: vznikají důsledkem dynamického tepelného zatížení při přerušovaném řezu. Trhlinky se tvoří kolmo na ostří. Částice řezného materiálu se mohou mezi jednotlivými trhlinkami vylamovat.</p>	
<p>Opatření: upustit od chlazení kapalinou, zvolit houževnatější materiál VBD, snížit řeznou rychlost</p>	
Únavové trhliny podél hřbetu	
<p>Popis: jsou následkem součtu neustále se měnících různých zatížení. Vznikají v oblasti těsně za břitem.</p>	
<p>Opatření: změna posuvu, použití jiného typu řezné geometrie, zvolit jinou upravu řezné hrany, změnit záběrové podmínky, změnit způsob najíždění a vyjíždění nástroje</p>	
Destrukce břitu nástroje	
<p>Popis: představuje konec funkčnosti řezného nástroje. Mělo by se mu za každé okolnosti předejít. Příčiny mohou být různé. Závisí na materiálu obrobku i nástroje, tuhosti soustavy a záběrové podmínky</p>	
<p>Opatření: snížit posuv i hloubku řezu, při najíždění do záběru zmenšit posuv, využít jiný utvařec třísky.</p>	

2.3 Nežádoucí jevy při soustružení.

Při soustružení se na obrobené ploše mohou vyskytnout nežádoucí jevy. Mnohdy se dají zpozorovat pouhým okem. Rovněž mají vliv na výslednou kvalitu a přesnost obrobku. Z toho důvodu bychom se měli těmto jevům snažit vyvarovat. V níže uvedené tabulce 2.3 jsou popsány nejčastěji se vyskytující jevy a případné opatření, které mohou zabránit vzniku těchto jevů.

Tab. 2.3 Nežádoucí jevy ^[5]

Vysoká drsnost obrobeného povrchu	
<p>Popis: u dokončovacích operací, kde je kladen důraz na drsnost povrchu, která je ovlivněna mnoha faktory. Špatně zvolená řezná rychlost, špatná tloušťka třísky nebo vysoký posuv</p>	
<p>Opatření: využít VBD s hladícím segmentem, eliminovat chvění, snížit posuv, upravit záběrové podmínky</p>	
Pochvělý povrch	
<p>Popis: tento jev se vyskytuje velice často. Mezi hlavní příčiny patří nevyváženost obrobku, nestabilní upnutí obráběné součásti, vysoké vyložení nástroje.</p>	
<p>Opatření: zmenšit hloubku řezu, použít nástroj s menším vyložení, přezkoušet stabilitu upnutí obrobku a nástroje, využít nástroj s úhlem nastavení blízkým 90°.</p>	

Tvorba otřepu	
<p>Popis: druh tohoto jevu je velmi častý, nelze mu za každých podmínek zabránit. Otřep se projevuje zejména u obrábění měkkých ocelí a plastických materiálů.</p>	
<p>Opatření: použití VBD s ostrým břitem, použít nástroj s menším úhlem nastavení</p>	
Rozměrová a tvarová nepřesnost	
<p>Popis: nepřesnost bývá ovlivněna velkým množstvím faktorů, zejména vlastnostmi soustavy stroj-nástroj-obrobek</p>	
<p>Opatření: přezkoušet stabilitu upnutí obrobku nebo nástroje, vhodně zvolit velikost přídavku na obrábění, zvolit VBD s větší odolností vůči opotřebení</p>	
Nevhodný tvar třísky	
<p>Popis: Správný tvar třísky je kritérium, které se důležitostí v dnešní době rovná trvanlivosti. Z hlediska utváření má vliv zejména materiál obrobku, posuv, hloubka řezu a také zvolení vhodného utvařeče. Nevhodná je jak dlouhá tak příliš krátká tříska.</p>	
<p>Opatření: upravit posuv a hloubku řezu, zvolit vhodnější utvařeč třísky, změnit záběrové podmínky.</p>	

2.4 Vliv řezných podmínek na trvanlivost

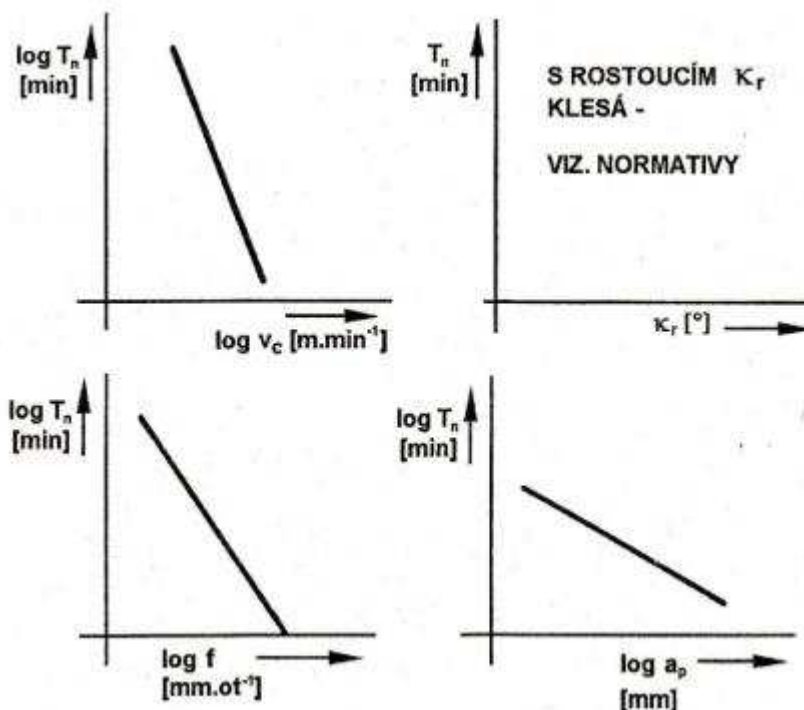
Řezná rychlost – opotřebení břitu je na změnu řezné rychlosti velice závislé. Slinuté karbidy mají sice oproti rychlořezným ocelím nižší citlivost na změnu řezné rychlosti. Ale také při větším zvyšování řezné rychlosti trvanlivost břitu strmě klesá.

Posuv – po řezné rychlosti má výrazný vliv. Při přílišném posuvu trvanlivost prudce klesá

Hloubka řezu- zde není vliv až tak výrazný, ale rovněž se zvyšující se hloubkou záběru se trvanlivost snižuje

Úhel čela- největší trvanlivost se nachází u hodnoty 15° dále od ní následně klesá

Úhel nastavení- při zmenšování úhlu nastavení hlavního ostří se trvanlivost snižuje, a zároveň se zvyšuje řezný odpor a sklon k chvění.



Obr. 2.2 Vliv vybraných parametrů na trvanlivost břitu ^[11]

3 Výběr VBD a návrh metodiky testování.

3.1 Navržení VBD.


Destičky se po většinou snaží firma vyrábět tak aby rádius ostří byl po celé délce stejný. Což znamená stejné zaoblení ve špičce, tak dále od ní. Naše navržené destičky tento aspekt nemají. Cílem zkoušek bylo zjistit vliv nestejného zaoblení ve špičce a po zbývajících délce řezné hrany. Jejich zaoblení ostří se liší ve špičce a 0,5 mm od ukončení radiusu špičky. Navržen byl rozdíl 20 μm . A to s cílem mít ve špičce zaoblení vyšší a dále po řezné hraně menší. K těmto vzorkům byly navrženy zároveň vzorky, které sloužily k porovnávání. A tedy destičky mající stejné radiusy po celém ostří. V tabulce 3.1 jsou uvedeny názvy destiček a jejich navržené rozměry.

Tab. 3.1 Navržené vzorky VBD

Číslo návrhu	Specifikace VBD	Zaoblení ve špičce [μm]	Zaoblení 0,5mm od radiusu [μm]
1	CNMG 120408E-FM-PP01;T9325	30	30
2	CNMG 120408E-FM-PP02;T9325	40	40
3	CNMG 120408E-FM-PP03;T9325	50	30
4	CNMG 120408E-FM-PP04;T9325	60	40

CNMG

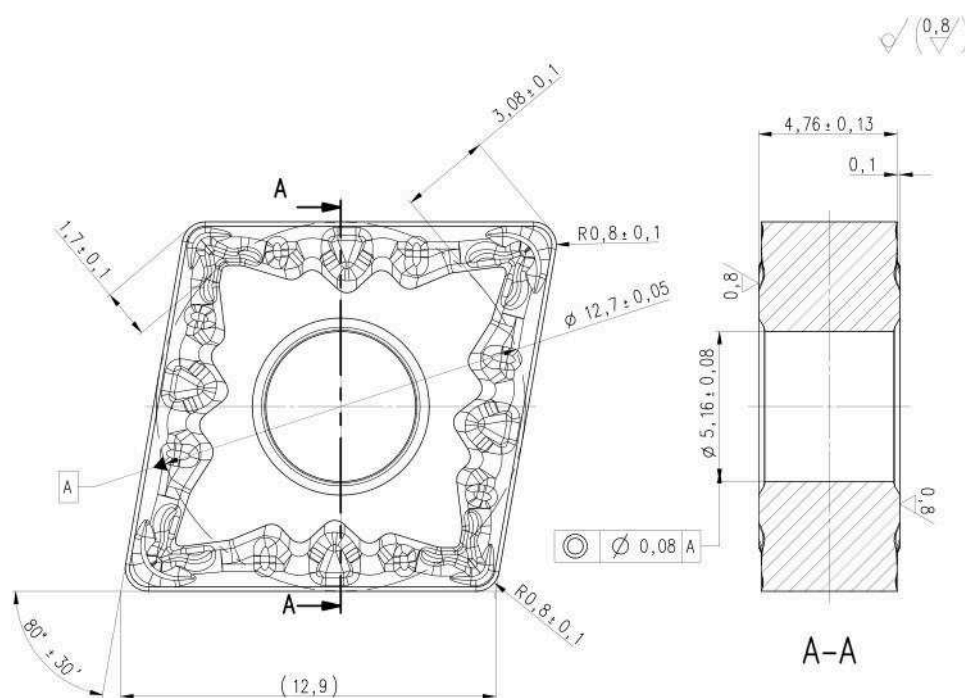
Velikost	(l)	d	d ₁	s	
0903	9,7	9,525	3,81	3,18	
1204	12,9	12,7	5,16	4,76	
1606	16,1	15,875	6,35	6,35	
1906	19,3	19,05	7,94	6,35	
2509	25,8	25,4	9,12	9,52	

Utvářec Utvářáč	ISO	ANSI	Materiály / Materiály								Rádus Radius		Posuv na ot. Posuv na ot.		Hloubka řezu Hloubka řezu		
			6605	6615	6630	6640	9210	9230	9235	3025	8016	8030	r ₁	f _{min}	f _{max}	a _{p min}	a _{p max}
	CNMG 120408E-FM	CNMG 432E-FM					●	●		●			0,8	0,15	0,45	0,8	3,0

Obr. 3.1 Destička CNMG ^[5]

Destička CNMG 120408E-FM rozdělení podle ISO

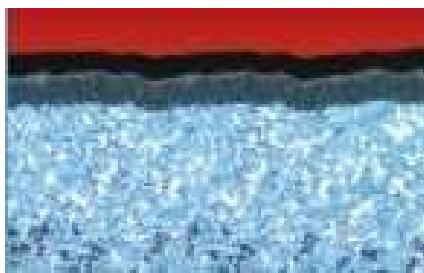
- Úhel hřbetu 0°
- Čtvercový tvar destičky s úhlem špičky 80°
- Provedení s dírou a břitem po obou stranách
- Délka řezné hrany 12,7 mm
- Tloušťka 4,76 mm
- Rádus špičky 0,8 mm
- Utvařeč FM



Obr. 3.2 Část výkresu testované destičky

Materiál destičky.

Materiál 9325 – je nejuniverzálnější materiál nové generace 9300. Funkčně gradientní substrát a středním obsahem pojící kobaltové fáze. Obsahuje středně silný MT-CVD povlak s unikátní krycí vrstvou AlO₃ zaručující vynikající tepelnou, mechanickou a chemickou ochranu podkladového materiálu. Zahrnuje speciální finální úpravu povlaku. Vhodný zejména na obrábění materiálů skupiny P, M a podmíněně K. Použití v nepříznivých záběrových podmínkách, kontinuálním i přerušovaném řezu.



Obr. 3.1 struktura materiálu ^[8]

3.2 Vyrobené destičky.

Na vyrobených destičkách byly přeměřovány požadované rozměry. A to ve špičce a 3mm od ní na řezné hraně. V tabulce 3.2 jsou vypsány rozměry naměřené na náhodně vybraných vzorcích. Předpokládán byl nárůst zvětšení rádiusu o 10 μm vlivem povlaku. Z hodnot lze vyčíst, že vyrobené destičky nejsou zcela přesné. Ale pro nás požadovaný rozdíl 20 μm mezi špičkou a zbytkem řezné hrany je u vzorků 3 a 4 téměř splněn. Díky tomu mohly být vzorky testovány.

Tab. 3.2 Vyrobené vzorky VBD

návrh	Specifikace VBD	Zaoblení ve špičce [μm]	Zaoblení 0,5mm od radiusu [μm]
A	CNMG 120408E-FM-PP01;T9325	41	38
B	CNMG 120408E-FM-PP02;T9325	50	47
C	CNMG 120408E-FM-PP03;T9325	56	38
D	CNMG 120408E-FM-PP04;T9325	72	52

Měření zaoblení probíhalo pomocí dotykového hrotu na zařízení Mahr Perthometer PCV. Se softwarem SECO TOOLS Cutting Edge Measuring System.



Obr. 3.2 Zařízení Mahr

3.3 Testování destičky.

Vyrobené vzorky byly zkoušeny na trvanlivost. Zkoušky se prováděly na dvou obrobcích a to na oceli 12050,9 a 17349,4. Od každého typu destičky byly testovány dva vzorky. Destičky byly kontrolovány a měřeny v intervalech po 5 minutách v záběru především na opotřebení hlavního hřbetu a ve špičce. Dále se u oceli 12050,9 měřila drsnost obrobené plochy.

Soustružení bylo prováděno na soustruhu:

Výrobce: Heyligenstaedt

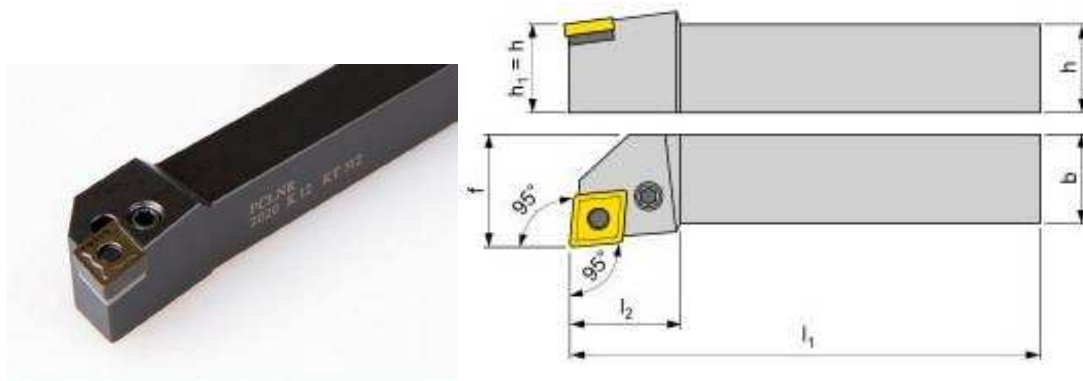
Typ: Heynumat 2UK 15000

Výkon na vřetení: 50kW

Otáčky vřetene: 1800 ot/min

Řídící systém: Siemens 840C

Destička byla uložena v noži pro vnější soustružení PCLNL2525P12



Obr. 3.3 Nůž ^[5]

Parametry:

$h = 25 \text{ mm}$

$b = 25 \text{ mm}$

$f = 32 \text{ mm}$

$l_2 = 36 \text{ mm}$

$l_1 = 150 \text{ mm}$

Měření drsnosti bylo opatřeno drsnoměrem Hommel Etamic W5 – Set



Obr. 3.4 Drsnoměr Hommel Etamic W5

Parametry:

- Drsnoměr třídy přesnosti 1, podle DIN 4772
- měření na vzdálenosti 4,8 mm
- možnost nastavení až 5 měřících programů
- ochrana snímače s LED osvětlením
- možnost připojení tiskárny P5 přes bluetooth rozhraní
- paměť na 10 000 měření

Opotřebení naměřeno pomocí mikroskopu od firmy Carl Zeiss Jena s elektronickým odměřováním souřadnic.



Obr. 3.5 Mikroskop

Pořízeny byly rovněž fotografie při každém měření a to z pozic hlavního hřbetu, vedlejšího hřbetu a čela. K tomu sloužil mikroskop značky: Vision SX45 na který byla přidána snímací kamera od firmy Pixel-fox.



Obr. 3.6 Mikroskop s kamerou

4 Diskuse experimentů.

4.1 Zkouška na Oceli ČSN 40 2050 (12050)

Jedná se o uhlíkovou ocel, která je určena k zušlechťování a povrchovému kalení. Patří do skupiny P. V Evropských normách ji nalezneme pod značkou EN 10083-2-91. Její chemické složení je uvedeno v tabulce 3.1. Naměřená tvrdost 208 HB.

Tab. 3.1 Chemické složení ČSN 12050

C	Mn	Si	Cr	Cu	Ni	P	S
0,42-	0,50-	0,17-	Max	Max	Max	Max	Max
0,50	0,80	0,37	0,40	0,30	0,30	0,04	0,04

Zvolené řezné podmínky: $v_c=320\text{m/min}$
 $f_{ot}=0,20\text{mm/ot}$
 $a_p=1,5\text{ mm}$

Kritérium opotřebení- bylo zvoleno následovně pro hlavní břit $VB_b = 0,3\text{ mm}$ a pro špičku hlavního břitu $VB_c = 0,6\text{ mm}$

Opatření v průběhu zkoušky

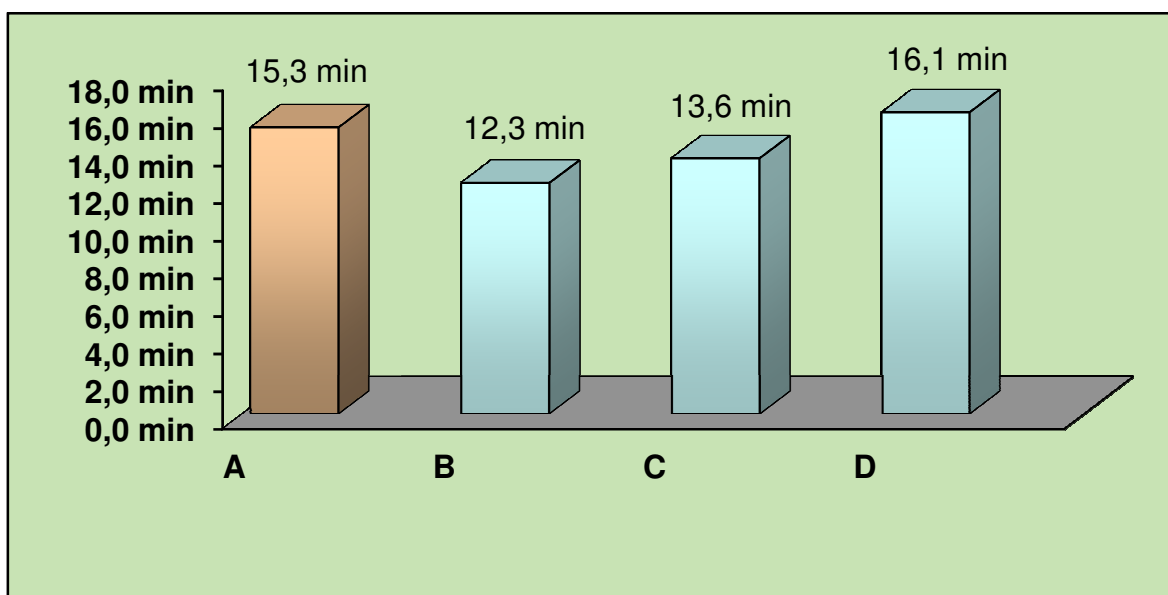
Vzhledem k tomu, že vzorky než dosáhli kritéria opotřebení, se plasticky zdeformovali ve špičce. Ať upálením špičky či stržením špičky. Tak byly trvanlivost přepočítána pro kritérium hlavního břitu na $VB_b = 0,23\text{mm}$.

Tab. 3.2 časy trvanlivosti jednotlivých vzorků pro ocel 12050.

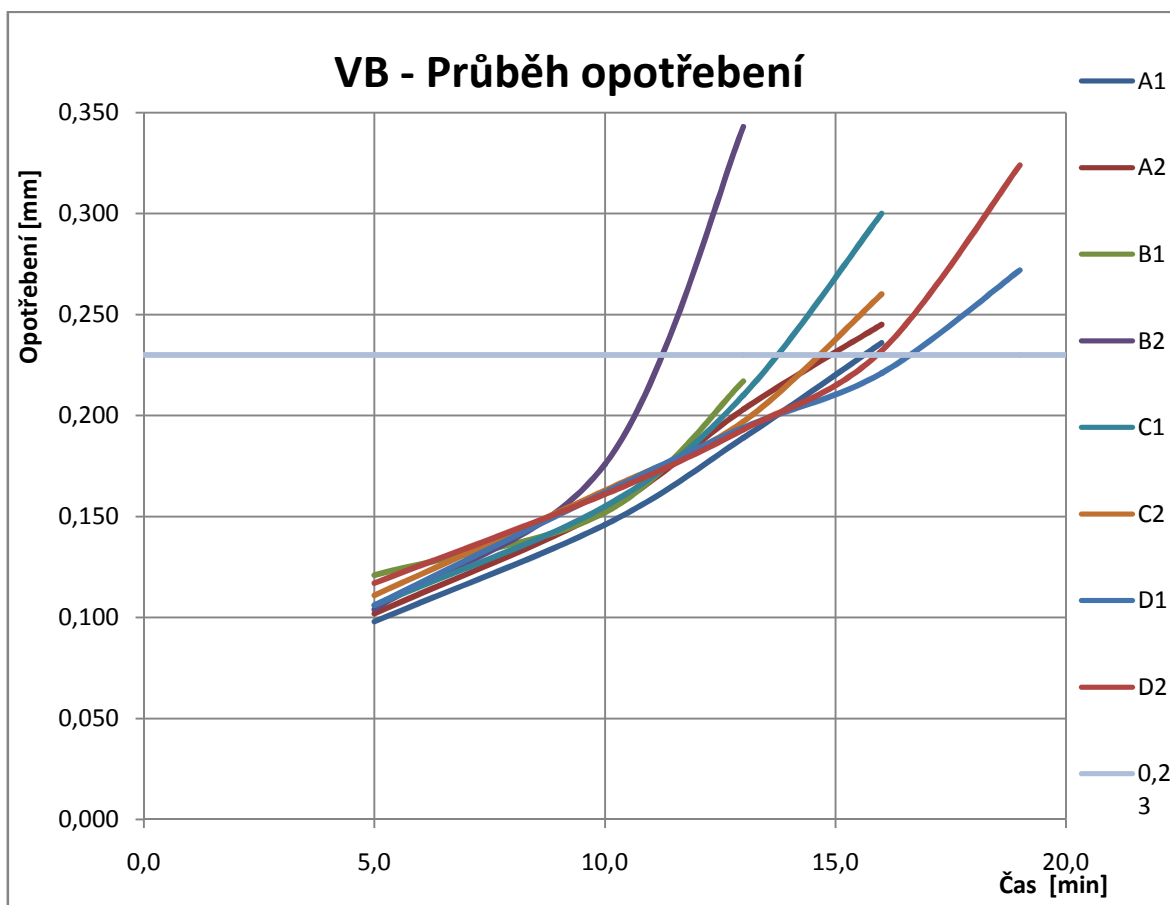
Vzorek	T [min]	Průměr [min]	K - řezivost
A1	15,6 min	15,3 min	100 %
A2	14,9 min		
B1	13,6 min	12,3 min	81 %
B2	11,0 min		
C1	13,7 min	13,6 min	89 %
C4	13,5 min		
D1	16,3 min	16,1 min	105 %
D2	15,8 min		

Popis grafů

V grafu číslo 3.2 jsou zaznamenány hodnoty opotřebení v závislosti na čase v záběru. Tento graf slouží společně s grafem 3.1 k závěrečnému vyhodnocení trvanlivosti destiček na oceli 12050. Hodnoty do grafu 3.2 byly převzány z protokolu zkušebny, který jsem měl k dispozici.



Graf 3.1 Trvanlivost




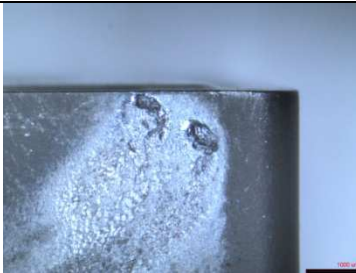
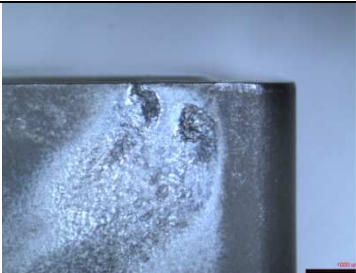
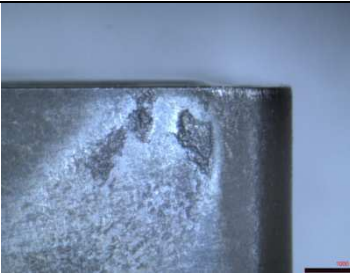




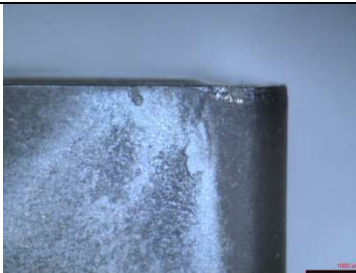
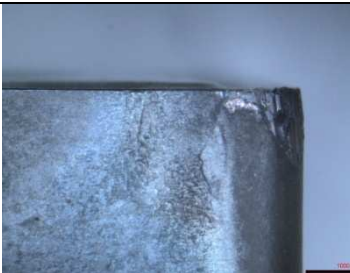
Graf 3.2 Závislost opotřebení na čase

Snímky jednoho ze vzorků

Snímky byly pořízeny u všech vzorků. Vzhledem k podobnosti průběhu opotřebení všech vzorků, odlišnost pouze v časech, vkládám do tab. 3.4 fotografie pouze jednoho ze vzorků. Zde se jedná konkrétně o vzorek D. Z obrázků lze vypožorovat postupné narůstání výmolů na čele destičky. Tento výmol má za následek konečnou plastickou deformaci ve špičce. Při pohledu na hlavní hřbet lze vidět postupné rovnoměrné opotřebení do 16 minut. Dál se již na hřbetu projevila plastická deformace špičky s kterou se nedá dále pracovat.

Tab. 3.4 Snímky z průběhu testování na oceli 12050

	Čas		
pohled	5 minut	10 minut	13 minut
čelo			
Hlavní hřbet			

	čas	
pohled	16 minuta	18 minuta
čelo		
Hlavní hřbet		

4.2 Zkouška na Oceli 17349,4 (X2CrNiMo17-12-2).

Jedná se o austenitickou kyselinovzdornou chromniklmolybdenovou ocel s obsahem uhlíku do 0,03% . Je vysoce odolná proti kyselinám a korozi, s mírným sklonem k jamkové korozi v roztocích s obsahem chlóru. Ocel je velmi dobře svařitelná, bez potřeby dodatečné tepelné úpravy. Má vysokou odolnost proti mezikrystalové korozi. Patří do skupiny materiálů M. Naměřená tvrdost 180HB.

Tab. 3.5 Chemické složení ČSN 12050

C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	P	S	N
Méně 0,03	Méně 2,00	Méně 1,00	16,50- 18,50	2,00- 2,50	Max 0,30	Max 0,045	Méně 0,03	Méně 0,11

Zvolené řezné podmínky: $v_c=170\text{m/min}$
 $f_{ot}=0,20\text{mm/ot}$
 $a_p=1,5\text{ mm}$

Kritérium opotřebení- bylo zvoleno následovně pro hlavní břit VBb = 0,3 mm a pro špičku hlavního břitu VBc 0,6 mm

Opatření v průběhu zkoušky

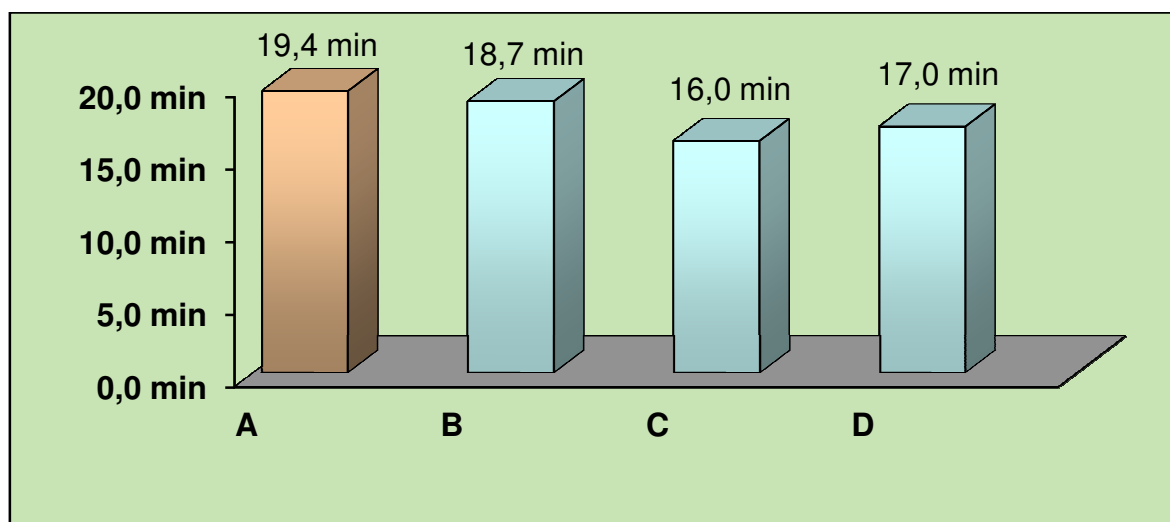
Po 21 minutách byla řezná zkouška ukončena z důvodu docházejícímu obráběnému materiálu. Proto byla trvanlivost přepočítána na kritérium pro hlavní břit VBb = 0,18 mm. A operátor prováděl měření v časech 4,8,13,17,21 minutě.

Tab. 3.6 časy trvanlivosti jednotlivých vzorků pro ocel 17349.

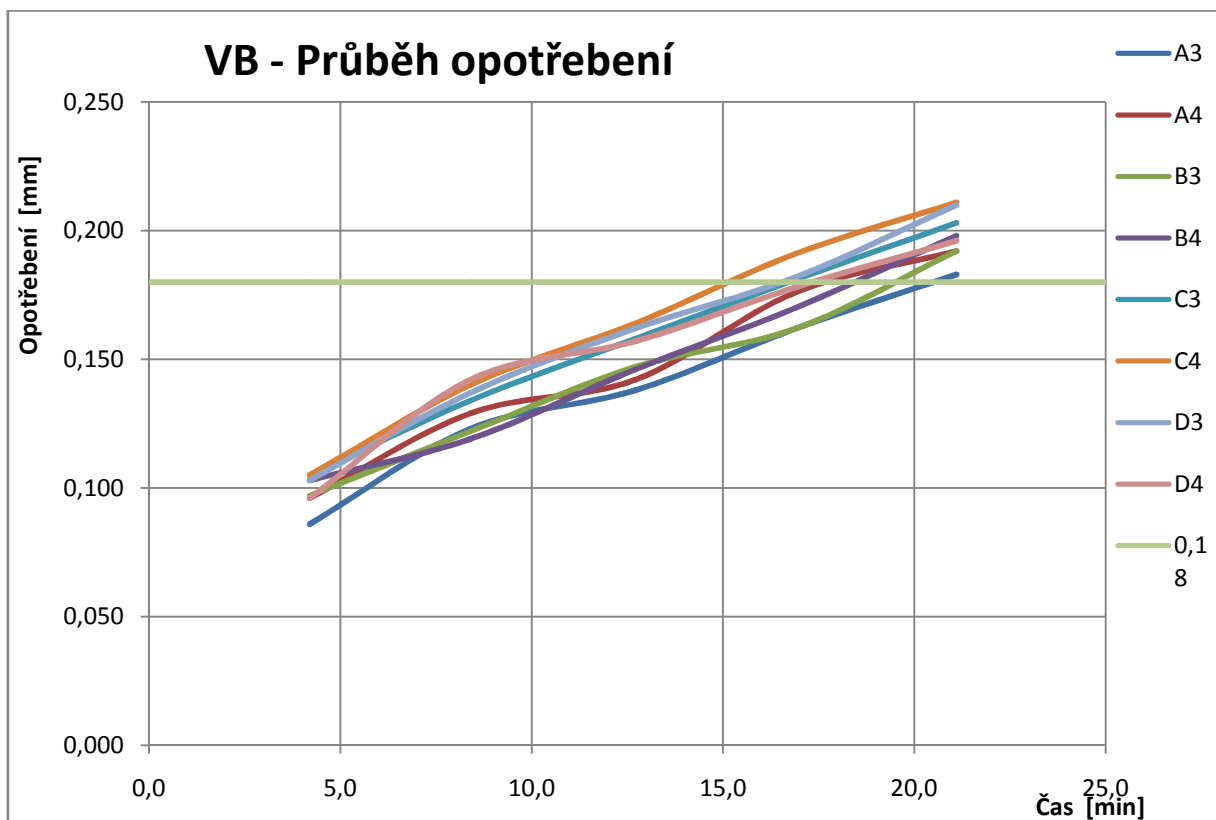
Vzorek	T [min]	Průměr [min]	K - řezivost
A3	20,5 min	19,4 min	100 %
A4	18,3 min		
B3	19,4 min	18,7 min	96 %
B4	18,0 min		
C3	16,7 min	16,0 min	82 %
C4	15,2 min		
D3	16,5 min	17,0 min	87 %
D4	17,4 min		

Popis grafů

V grafu číslo 3.4 jsou zaznamenány hodnoty opotřebení v závislosti na čase v záběru. Tento graf slouží společně s grafem 3.3 k závěrečnému vyhodnocení trvanlivosti destiček na oceli 17349. Hodnoty do grafu 3.4 byly převzány z protokolu zkušebny, který jsem měl k dispozici.



Graf 3.3 Trvanlivost

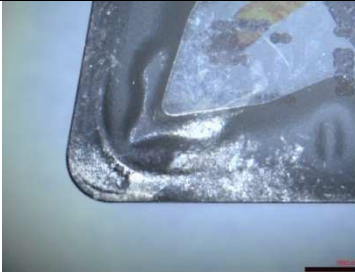

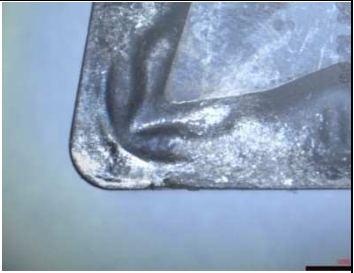
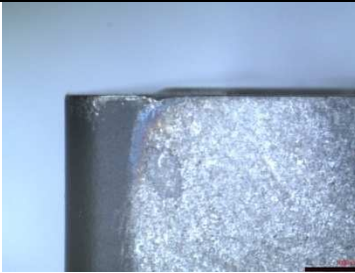
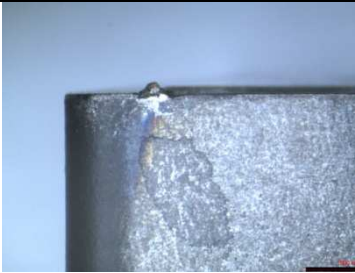
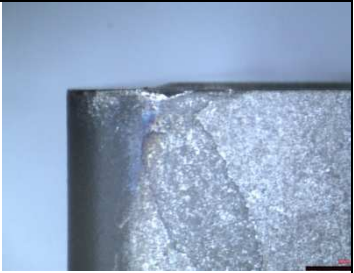


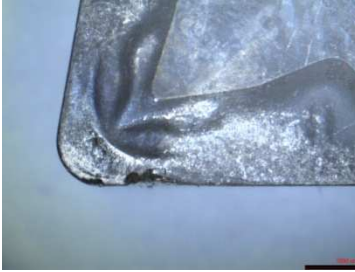

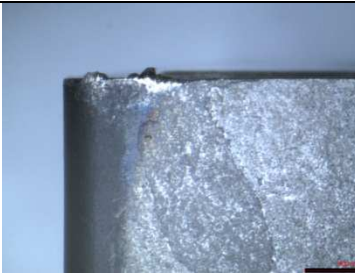
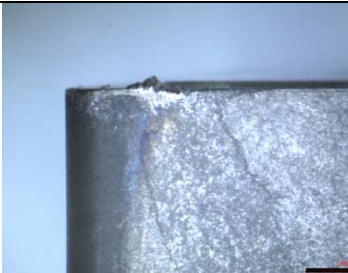
Graf 3.4 Závislost opotřebení na čase

Snímky jednoho ze vzorků

U oceli 17349 byly pořízeny snímky všech vzorků. Vzhledem k jejich podobnosti jsem znovu vybral pouze jeden vzorek a vybral snímky měřených opotřebení. Jedná se tedy o snímky čela a hlavního hřbetu na vzorku C. Mohlo by se zdát, že v 8 minutě na hlavním hřbetu vzniká nárustek. Není tomu však tak, jedná se pouze o nalepeninu obrobeného materiálu. Všimnout si tedy lze rovnoměrného narůstání opotřebení na hřbetu. Na čele se tvoří výmol ten však není tak výrazný jako u oceli uhlíkové.

Tab. 3.7 Snímky z průběhu testování na oceli 17349

	Čas		
pohled	4 minut	8 minut	13 minut
čelo			
Hlavní hřbet			

	čas	
pohled	17 minuta	21 minuta
čelo		
Hlavní hřbet		

5 Technicko-ekonomické zhodnocení.

Zkouška na uhlíkové oceli

Výsledky u uhlíkové oceli vyšly podobně. Při porovnání vzorku A se vzorkem C vychází z toho lépe vzorek A o 11% , který byl ve špičce méně zaoblený. Naopak při porovnání vzorku B se vzorkem D, vychází lépe vzorek D o 24% , který byl více zaoblený ve špičce. Přitom rozdíl zaoblení vzorku A a B není tak velký (40 a 50 μm).

U této zkoušky vlivu se neprokázala závislost zvýšení zaoblení ve špičce na trvanlivost VBD. Při vyšším rozdílu zaoblení po délce řezné hrany a ve špičce by se pravděpodobně závislost objevila. To se však nepodařilo na prototypch vyrobit.

Zkouška na nerezové oceli

Při soustružení nerezí se ukázala závislost trvanlivosti VBD se zaoblením stejným po celém obvodu a zaoblením zvýšeným v oblasti špičky, i když rozdíl není příliš velký. VBD se zvětšeným zaoblením ve špičce mají sníženou trvanlivost. Při vyšším rozdílu zaoblení mezi zaoblením po délce řezné hrany a zaoblením ve špičce, by se rozdíl trvanlivosti pravděpodobně zvýšil.

Vzorek A se zaoblením 40 μm po celém obvodu VBD má o 18% vyšší trvanlivost než vzorek C se zaoblením 40 μm po délce řezné hrany a 60 μm ve špičce VBD.

Vzorek B se zaoblením 50 μm po celém obvodu VBD má o 11% vyšší trvanlivost než vzorek C se zaoblením 50 μm po délce řezné hrany a 70 μm ve špičce VBD.

Závěrečné zhodnocení

Navrhnuté destičky s různým zaoblením ve špičce a po délce řezné hrany nevykazují vyšší trvanlivost opotřebení. Dokonce u nerezových ocelí je trvanlivost nižší. Z toho důvodu se nevyplatí takto navrhnuté destičky vyrábět. Zároveň z výsledků zkoušek vyplývá nutnost dbát na to, aby bylo vyráběno zaoblení po celé délce řezné hrany stejné.

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. Z VŠB-TU Ostrava za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce, společnosti Pramet Tools s.r.o. za poskytnutí údajů ze zkoušek a Ing. Pavlu Krahulovi z Pramet Tools s.r.o. za pomoc a cenné rady při zkouškách.

Zdroje

- [1] *Skripta Technologie II 1díl*. [online]. [cit.23.1.2014] Dostupné z: <<http://homel.vsb.cz/~cep77/>>
- [2] *Skripta Technologie II 2díl*. [online]. [cit.23.1.2014] Dostupné z: <<http://homel.vsb.cz/~cep77/>>
- [3] *Řezné podmínky při obrábění* [online]. [cit.23.1.2014] Dostupné z: <http://www.kom.tul.cz/soubory/tob_rp.pdf>
- [4] Wikipedie – *Soustružení*. [online]. [cit.23.1.2014] Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Soustružení>>
- [5] PRAMET TOOLS. *Katalog soustružení 2014*. [online]. [cit.5.5.2014] Dostupné z: <<http://www.pramet.com/cz/ke-stazeni.html>>
- [6] PRAMET TOOLS. *O společnosti – Pramet*. [online]. [cit.23.1.2014] Dostupné z: <<http://www.pramet.com/cz/o-spolecnosti.html>>
- [7] MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje: I. díl, Řezné nástroje*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava. 2006. ISBN 80-7078-941-7
- [8] PRAMET TOOLS. *Nové soustružnické materiály řady T9300*. [online]. [cit.5.5.2014] Dostupné z: <<http://www.pramet.com/download.php?id=496>>
- [9] *Technické Normy ČSN 41 2050*. [online]. [cit.5.5.2014] Dostupné z: <http://www.technicke-normy-csn.cz/412050-csn-41-2050_4_3374.html>
- [10] *Materiálové Normy*. [online]. [cit.5.5.2014] Dostupné z: <<http://www.novel.sk/materialove-normy/>>
- [11] BILÍK, O. *Obrábění I: I. Díl*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2001. ISBN 80-7078-811-9.